

全国高等农业院校试用教材

蔬 菜 病 理 学

华中农学院 东北农学院 主编

蔬菜专业适用

农 业 出 版 社

主 编 王就光 (华中农学院)
副 主 编 刘淑静 (东北农学院)
编写人员 曹若彬 (浙江农业大学)
房德纯 (沈阳农学院)
樊慕贞 (河北农业大学)
袁美丽 (吉林农业大学)
殷友琴 (湖南农学院)
朱汉城 (山东农学院)
审稿人员 杨崇实 (天津市农业科学研究所)
胡天其 (重庆市农业科学研究所)
刘元凯 (黑龙江省园艺研究所)
郭德山 (哈尔滨市群力公社)
张意璋 (东北农学院)

全国高等农业院校试用教材

蔬 菜 病 理 学

华中农学院 东北农学院 主编

农业出版社出版 新华书店北京发行所发行

农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 15印张 6插图 333千字
1979年10月第1版 1982年11月北京第5次印刷
印数 18,901—23,900册

统一书号 16144·1975 定价 1.70元

目 录

第一篇 总 论

第一章 绪论	1
第一节 蔬菜病害防治在国民经济上的意义	1
第二节 蔬菜病理学的进展和现况	1
第三节 蔬菜病理学的性质、任务与其它学科的关系	2
第二章 植物的病害	3
第一节 植物病害的定义	3
第二节 植物病害发生的原因	3
第三节 非传染性病害与传染性病害的相互关系	4
第四节 植物病害的分类	5
第三章 植物病害的病原	5
第一节 植物病原真菌	5
第二节 植物病原细菌	27
第三节 植物病毒	33
第四节 植物寄生线虫	38
第五节 寄生性种子植物	42
第六节 非传染性病害的病原	44
第四章 植物病害的症状与诊断	45
第一节 植物病害的症状	45
第二节 各类植物病害症状的特点	54
第三节 植物病害的诊断	58
第五章 植物传染性病害的发生和发展	62
第一节 病原物的寄生性和致病性	62
第二节 植物的抗病性	65
第三节 植物传染性病害的侵染过程	68
第四节 病害的侵染循环	73
第五节 病害的流行	77
第六节 病害的预测	79
第六章 植物病害防治	80
第一节 植物病害防治原理和方法	80
第二节 植物检疫	81
第三节 农业防治	82

第四节 选育抗病品种	85
第五节 化学防治	87
第六节 物理防治	100
第七节 生物防治	101

第二篇 各 论

第七章 十字花科蔬菜病害	102
第一节 十字花科蔬菜病毒病	102
第二节 十字花科蔬菜软腐病	105
第三节 十字花科蔬菜霜霉病	108
第四节 十字花科蔬菜菌核病	112
第五节 十字花科蔬菜根肿病	114
第六节 十字花科蔬菜白斑病	117
第七节 十字花科蔬菜黑斑病	118
第八节 十字花科蔬菜炭疽病	120
第九节 十字花科蔬菜黑腐病	121
第十节 十字花科蔬菜根朽病	122
附 十字花科蔬菜其它病害	124
第八章 茄科蔬菜病害	125
第一节 茄科蔬菜苗期病害	125
第二节 茄科蔬菜青枯病	129
第三节 茄科蔬菜白绢病	132
第四节 番茄病毒病	134
第五节 番茄早疫病	138
第六节 番茄枯萎病	141
第七节 番茄斑枯病	143
第八节 番茄叶霉病	145
第九节 番茄褐斑病	146
第十节 番茄脐腐病	148
第十一节 茄子褐纹病	149
第十二节 茄子绵疫病	152
第十三节 茄子黄萎病	155
第十四节 辣椒炭疽病	158
第十五节 辣椒疮痂病	160
第十六节 马铃薯病毒病	162
第十七节 马铃薯环腐病	164
第十八节 马铃薯晚疫病	167
附 茄科蔬菜的其它病害	171
第九章 葫芦科蔬菜病害	175

第一节	黄瓜霜霉病	176
第二节	瓜类枯萎病	180
第三节	黄瓜疫病	183
第四节	瓜类白粉病	185
第五节	瓜类炭疽病	188
第六节	瓜类病毒病	190
第七节	黄瓜细菌性角斑病	193
附	葫芦科蔬菜其它病害	194
第十章	豆科蔬菜病害	196
第一节	豆类锈病	196
第二节	菜豆炭疽病	198
第三节	菜豆花叶病	200
第四节	菜豆细菌性疫病	202
第五节	菜豆和豇豆根腐病	204
第六节	豇豆煤霉病	206
附	其它豆科蔬菜病害	207
第十一章	其它蔬菜病害	209
第一节	芹菜斑枯病	209
第二节	葱类霜霉病	212
第三节	葱紫斑病	215
第四节	芋疫病	216
第五节	姜腐烂病	218
第六节	莴苣灰霉病	220
第七节	蔬菜根结线虫病	221
附	其它蔬菜病害	223
参考文献		230

第一篇 总 论

第一章 绪 论

第一节 蔬菜病害防治在国民经济上的意义

在党的十一大路线指引下，我国各族人民正满怀革命豪情为实现新时期的总任务而努力奋斗。随着社会主义经济建设的高速度发展，城市区域范围不断扩大，新的工业城市相继建立，广大人民群众生活日益提高，蔬菜周年供应已经成为群众生活迫切而重要的问题。解放以来，在毛泽东同志和党中央正确领导下，我国各地蔬菜生产有了很大发展，有些地区不仅能够满足当地市场供应的需要，而且还有较多的鲜菜、干菜及加工品外销，在国际市场上换取外汇，为祖国的社会主义经济建设作出贡献；但是，也有一些地区，特别是新兴工业城市附近的新菜区，蔬菜供应不足或不平衡。造成这种情况的原因有许多方面，蔬菜的病害是其中的一个重要因素。

蔬菜的病害是农业生产上的一种自然灾害，它直接影响产品的质量和产量。如全国各地普遍发生的大白菜三大病害——病毒病、霜霉病和软腐病，华北和东北地区的茄子黄萎病，华中和华南地区的茄科蔬菜青枯病，西南地区特别是重庆附近的榨菜病毒病，常造成严重为害。有些病害过去仅局部发生的，由于播种材料调运频繁，检疫制度不健全，以致带菌的播种材料不断扩散，病区不断扩大；有些原来属于次要的病害，由于栽培制度的改变和气候条件的影响，上升为主要病害。还有一些在我国以前未报道过的病害，也陆续为人们所发现，如十字花科蔬菜根黑粉病 (*Urocystic brassicae*)已在广东省新会县荷塘地区的蔬菜上发生。由此可见，研究和防治蔬菜上的病害，对保证人民日常生活的需要和加速国民经济的发展均具有重要意义。

第二节 蔬菜病理学的进展和现况

解放以来，党和政府加强了对植物保护工作的领导，建立了植物保护研究机构和指导农业生产的病虫害防治站和测报站，培养了一大批植物保护技术人员，对蔬菜病害开展了一系列的研究和防治工作，取得了显著成绩。例如，在五十至六十年代对十字花科蔬菜病毒病的病原鉴定，对白菜三大病害和马铃薯晚疫病等流行规律及防治的研究，均取得了较大的成就。近年来，对于严重影响蔬菜生产的黄瓜枯萎病、疫病和霜霉病，茄子黄萎病，马铃薯病毒病、环

腐病, 番茄病毒病等, 各地开展了病原鉴定、流行规律、抗病选种以及防治等方面的研究。同时, 还进行了人工免疫防治番茄病毒病和采用物理方法避蚜防治白菜病毒病等新技术的研究。这些研究成果为生产上防治病害提供了理论依据, 大大地提高了病害防治的水平。目前对于上述病害都已总结了一些切实可行的防治措施, 推广以后都不同程度地减轻了病害的为害。

植物检疫和病害预测预报工作的开展, 对于防止病害的扩大和蔓延, 起了积极作用。近年来, 农用抗菌素的使用面积不断扩大, 不仅达到了防治目的, 而且减轻了对环境的污染。

现阶段植物病理学发展很快, 除了发病环境和病害流行的研究外, 在杀菌剂方面, 已进入金属有机化合物和非金属的有机化合物的领域, 从预防性的保护剂发展到内吸性的治疗剂。新的病原生物类菌原体和类病毒的发现, 加深了对病原的认识。植物抗病机理的研究, 过去以形态为基础的, 现今则进入以生理和生化为基础的领域。

但是, 还有许多问题尚未解决, 一些新的病原生物正在开始研究, 一些老的病害仍然是当前生产上的主要问题, 都有待于今后进一步研究解决。

第三节 蔬菜病理学的性质、任务与其它学科的关系

蔬菜病理学是一门研究蔬菜病害的发生规律, 并且是以防治为中心的学科。对于每一种病害不仅从理论上去认识它发生的整个过程, 而且要在实践中提出具体有效的防治措施。如果对病害只从理论上探讨它的发生规律, 忽视防治的方法; 或者在防治上提出不完整的措施, 忽视理论上的研究, 都不可能完整地认识病害和防治病害。

蔬菜病害涉及许多方面, 它和许多学科有密切联系。因此, 必须十分重视农业基础理论知识, 在掌握较广泛的有关知识和技能的基础上, 才能在病害防治上不断地创新和在理论上不断地深入。所以, 蔬菜病理学和其它学科, 如数学、化学、植物学及植物生理学, 遗传育种学、昆虫学、微生物学、气象学、土壤肥科学、蔬菜栽培学等都有密切的关系。只有全面地掌握蔬菜栽培的各个环节之后, 才能做好病害的防治。

蔬菜病理学包括的内容有: 病害的分布、病害的病原、病害的症状与诊断、病害的发生过程、病害流行和预测及病害的防治等。由于每一种病害的发生和发展受周围环境条件的影响, 研究蔬菜病理学必须用辩证唯物观点进行分析, 才能从一个复杂的问题中找出正确的结论。

蔬菜病理学的任务是: 总结群众大面积防治病害的经验, 进一步研究病害的发生规律, 提高现有的防治方法和不断创造新的防治方法, 并密切注意病害的动态, 防止新病害的发生和为害。我国优越的社会主义制度为植物病害防治创造了有利条件, 我们要大力开展农业科学研究工作, 改变目前农业科学研究远远不能适应加速发展社会主义大农业的现状, 取得更多的成果, 使我国植物病理学达到世界先进的水平。

第二章 植物的病害

第一节 植物病害的定义

植物在生长发育过程中要有适宜的环境条件，如果由于不良的环境条件所影响，或者遭受寄生物的侵染，使植物的正常生长和发育受到干扰和破坏，从生理机能到组织结构上发生一系列的变化，以至在外部形态上发生反常的表现，这就是病害。例如菜豆喜温暖不耐霜冻，如播种过早，幼苗出土后遇到低温多雨的天气，土壤潮湿，根系发育停滞并呈褐锈色，称为沤根。大白菜遭受软腐病菌 (*Erwinia aroideae*) 侵染后，细菌在植物体内产生的一种酶能溶解细胞间的中胶层，使被害部分细胞组织解体、腐烂，称为软腐病。前一种病害是由于气温过低和土壤积水引起的，后一种病害是寄生物侵入后所致。

植物病害的发生和发展是有一定的病理程序的。植物发病后，首先表现为新陈代谢作用的改变，即其生理的和生化的改变，随后进而发展到细胞和组织的变化，最后由于植物内部的生理机能和细胞组织的破坏不断加深，终使病株或其被害部分的外部表现（也包括内部）为不正常。由此可见，各种植物的病害，都具有一个病理程序。

病害与伤害不同，伤害是由于外界的机械力量所引起，而且往往是突然发生的。病害与虫害也不相同。咀嚼口器的害虫所造成的为害状，本质上仍然是一种伤害。一些刺吸口器的害虫为害植物后，也能引起植物不正常的表现，如蚜虫能使叶片局部肥肿变形或使叶片被害部产生虫瘿。伤害和虫伤都没有病理程序，故不称为病害。

在认识植物病害时，还必须从经济观点和生产观点加以考虑，有些植物由于人为的或外界生物及非生物因素的作用，发生某些变态或畸形，如茭白被黑粉菌寄生后，刺激其嫩茎的细胞增生，逐渐形成一个长纺锤形、肉质、肿大的菌瘿，增加了食用价值，又如在弱光下栽培的韭黄，提高了质量，都不能认为是病害。

第二节 植物病害发生的原因

病害发生的原因称为病原。植物病害的病原按其不同性质分为两大类：非生物因素和生物因素。

非生物因素指植物周围环境的因素。如日光、营养、水分、空气等等，这些因素都是植物生长发育过程中所必需的。如果营养物质和水分过多或过少，温度过高或过低，日照过强或过弱，以及土壤通气不良或空气中存在有毒气体等，都能直接影响植物生长发育，表现为不正常，使植物发生病害。由非生物因素引起的植物病害无传染性，当其环境条件恢复正常

时,病害就停止发展,并且还有可能逐步地恢复常态。由于非生物因素缺乏传染性,它所引起的病害称为非传染性病害,又称生理病害。生物因素是指引起植物发病的寄生物,这类寄生物称为病原生物,简称为病原物。侵染蔬菜作物的病原物主要有:真菌、细菌、病毒、线虫和寄生性种子植物等。其中真菌和细菌又称为病原菌。被寄生的植物称为寄主植物,简称寄主。病原物有一定的寄主范围,各种病原物的寄主范围差别很大,如茄黄萎病菌(*Verticillium albo-atrum*)寄主范围很广,可为害30—40科中的数百种植物,也有些病原物仅限于某几种植物或某一些品种。由寄生物侵染引起的病害具有传染性的,能够在田间传染扩散蔓延,故称为传染性病害。

非传染性病害决定于寄主植物和环境的关系,不适宜的环境条件是非传染性病害的病原。传染性病害的病原除了寄主植物和病原物外,还包括一个适宜于发病的环境条件。环境条件是发病的诱因。例如黄瓜霜霉病是一个传染性的病害,这个病害在田间发生与流行,必须具备三个条件:有感病的寄主植物(黄瓜)、菜地里积累有一定数量的病原菌和发病的适宜温度和湿度。当第一个条件和第二个条件已经具备,而田间的温湿度的高低,对病的轻重又能起决定性作用。高湿和气温稍低,霜霉病发生重;干燥和高温,霜霉病不发生。

又如茄科蔬菜幼苗猝倒病,在发病环境适宜的条件下,病害发生与否又取决于幼苗的幼茎形成木栓化的程度,幼茎木栓化后,即具有抵抗病原菌侵染的能力,故不易发病。

由此可知,传染性病害的病原应该是寄主植物、病原物和环境条件三个方面的统一体(图1)。

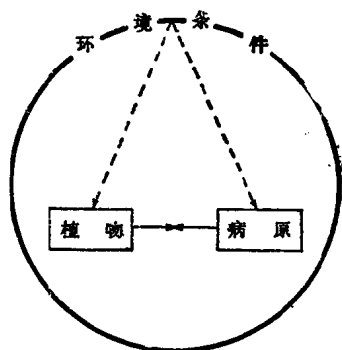


图1 传染性病害因素构成图解

第三节 非传染性病害与传染性病害的相互关系

非传染性病害和传染性病害的病原虽然各不相同,但两类病害之间的关系是非常密切的,这两类病害在一定的条件下可以互相影响。

非传染性病害可以降低寄主植物对病原物的抵抗能力,能诱发和加重传染性病害为害的严重程度。如大白菜冬季贮藏期间,在遭受冻害之后,容易被病原菌从冻伤处侵入引起软腐病。辣椒在早春遭受冻害后,极易发生花腐病。

在另一方面,植物发生传染性病害后,也易促进非传染性病害发生。如辣椒炭疽病和白星病发生严重时,出现大量早期落叶,蕃茄早疫病引起叶片枯焦,其果实直接暴露在强烈的阳光下,能使果皮灼伤称为日灼病。

在一般情况下,田间病害的出现,往往是从不适宜的环境开始的,寄主植物在不适宜环境条件下其抗病力减弱,从而诱发病原体侵染为害。

第四节 植物病害的分类

植物病害分类的方法，目前还没有一个统一的规定，常用的分类方法有下列数种：

(1) 按寄主植物分类：十字花科蔬菜病害、茄科蔬菜病害、葫芦科蔬菜病害、豆科蔬菜病害等等。也可以按作物区分，如白菜病害、黄瓜病害、蕃茄病害……。

(2) 按发病部位分类：叶部病害、果实病害、根部病害……。

(3) 按生育阶段分类：幼苗病害、成株病害……。

(4) 按病原分类：非传染性病害和传染性病害。传染性病害还可分为真菌病害、细菌病害、病毒病害、线虫病害、寄生性种子植物寄生等……。

(5) 按传播方法分类：气流传播病害、水流传播病害、昆虫传播病害……。

第三章 植物病害的病原

就植物病害的为害性表现而言，传染性病害是主要的，它所造成的损失也是非常明显的。植物病害的病原除了在第二章已经提及的以外，新的病原生物如类菌原体和类病毒已为人们所发现。据报道，现在已有 40 多种植物病害与类菌原体有关。

第一节 植物病原真菌

一、植物病原真菌的为害性

真菌在自然界分布很广，水中、陆地都有它的存在。目前已有记载的真菌，估计在十万种以上。大多数真菌属于腐生型，只有一部分寄生在植物上引起病害。由真菌侵染所致的病害，称为真菌病害。真菌病害在植物病害种类中约占 80% 以上，每一种作物都有几种至几十种真菌病害。蔬菜病害中如霜霉病、白粉病、枯萎病等都是被真菌侵染引起的。

在蔬菜作物上被病原真菌所致的病害是相当严重的。例如黄瓜霜霉病在我国各地发生很普遍，无论是露地栽培或保护地栽培的都受到严重为害，在适宜的发病环境下，能在一、二周内除顶端数片嫩叶外，其它叶片迅速枯黄，为害严重的减产 20—50 %。黄瓜枯萎病在华北和东北一部分地区发生也很严重，造成大量死苗和结瓜期整株的枯死。最近数年黄瓜疫病在华东、华中及华南等地逐年发生严重，病重时可全无收成。

茄子三大病害——褐纹病、黄萎病和绵疫病，除黄萎病主要发生在华北和东北一部分产区外，其余两种病害都是全国性的，为害性也很大。

芋疫病和豇豆煤霉病分别在华南和华中两地严重发生，对芋和豇豆产量都有直接影响。

二、真菌的一般性状

真菌的发育过程，可分为营养阶段和繁殖阶段。营养阶段是真菌不断生长和积累养分的时期；繁殖阶段是真菌产生各种类型的孢子，进行繁殖的时期。除了较低等的真菌外，大部分真菌的营养阶段的营养体和繁殖阶段的繁殖体是明显的。

真菌的营养体 真菌典型的营养体是由极为纤细的丝状体组成。这些丝状体在基物上向各个方向延伸并摄取基物中的营养。每一根丝状体称为菌丝。菌丝可以不断地分枝和向前生长伸长，并彼此交织成丛，称为菌丝体。菌丝一般呈圆管状，分枝或不分枝，其直径约10微米^注左右，管壁无色透明。有些真菌的菌丝被横隔膜分隔形成多细胞，这种菌丝称为有隔菌丝；也有些真菌的菌丝没有横隔膜，整个菌丝相当于一个大细胞，没有横隔膜的菌丝，称无隔菌丝（图2）。有隔菌丝的横隔膜中央有一个微细的小孔，细胞间的原生质可以通过小孔互相转移，能从一个细胞流到另一个细胞里。无隔菌丝如果遭受损伤，或者菌丝处于营养不足，生长衰老，或产生繁殖体时，也能产生横隔膜，但这种横隔膜中央没有微细的小孔。此外，还有一些较低等的真菌，它的营养体是一团没有细胞壁的原生质体，称为变形体，或者是一个卵圆形的单细胞。

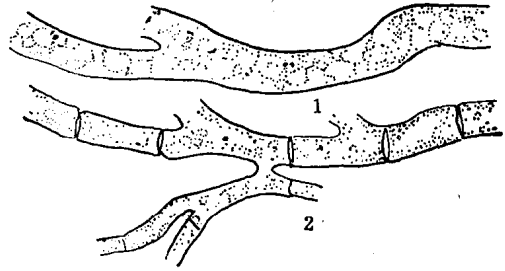


图2 真菌的菌丝

1. 无隔菌丝 2. 有隔菌丝

真菌细胞壁的化学成分因种类不同而异，多种真菌的细胞壁，特别是比较高等的真菌，它的主要化学成分除纤维素外，还有甲壳质，而低等真菌的细胞壁的主要化学成分是纤维素。此外，菌丝细胞壁还含有一些别的复杂的有机化合物，并且常随着菌丝的生长和环境条件的不同，其所含的有机化合物也有所改变。菌丝细胞内含有原生质、细胞核、液泡和贮藏的脂肪、肝糖等养料。肝糖的作用相当于高等植物细胞里的淀粉质。菌丝细胞内的原生质一般是无色透明，所以真菌的菌丝一般是无色的。但是，也有一些菌丝中的原生质含有各种色素，特别是一些老的菌丝更为明显。无隔菌丝具有多细胞核；有隔菌丝每个细胞内含有一个、两个或多个细胞核。

菌丝一般是由孢子萌发产生芽管，芽管在基物上继续生长，最后形成丝状体（图3）。菌丝以顶端部分向前生长，但它

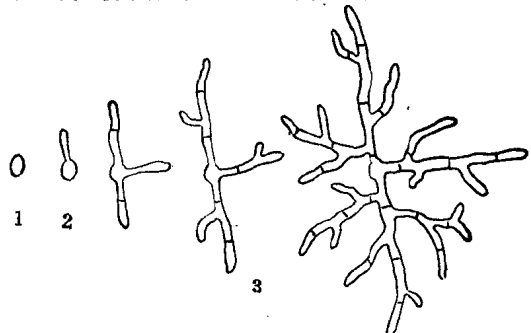


图3 真菌孢子萌发和菌丝形成过程

1. 孢子 2. 孢子萌发产生芽管 3. 芽管延伸形成菌丝体

注：一微米(μ) = 千分之一毫米

的每一部分都具有繁殖力。菌丝的正常功能是摄取养分并不断生长发育。除少数菌丝在寄主体外生长外，绝大多数是在寄主体内生长。在寄主体内的菌丝，也由于真菌种类不同，其着生位置也不完全相同，有的菌丝在寄主细胞间蔓延扩展，有的不仅在寄主细胞间，还能进入细胞内，大部分寄生性较强的真菌菌丝在细胞间扩展，同时还产生吸器伸入细胞内吸取养分。吸器的形状有瘤状、棍棒状或分枝状等（图4）。

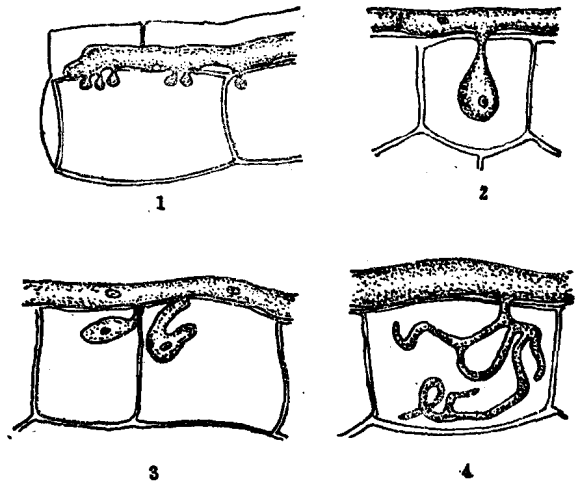


图4 真菌吸器类型

1.白锈菌 2.白粉菌 3.锈菌 4.霜霉菌

菌丝体是真菌营养体的基本结构，但是某些真菌的菌丝体在一定的环境条件下，可以发生变态，形成一种新的、与原来的形态和功能都不相同的特异性结构，较为常见的有菌核、菌索和子座三种。

1.菌核：菌核是由许多菌丝交织而成的一种结构物。典型的菌核表现为颜色较深和较坚硬的一种休眠体，其色泽、形状、大小等因真菌种类不同而有差异。菌核的菌丝体一般分为两类：内层的菌丝体比较疏松，相互平行排列或纠缠在一起，长形细胞容易识别出来，这种菌组织称为疏丝组织；外层的菌丝体的细胞结合紧密，椭圆形、多角形或接近圆形，与高等植物的薄壁组织相似，称为拟薄壁组织。在菌核的外部被或不被一层色泽较深、细胞壁很厚的表皮，这种表皮，也是由拟薄壁组织形成的（图5）。菌核对不良环境的适应性强，耐高温、低温和干燥，当环境适宜时，菌核萌发产生菌丝体，或者在菌核上产生孢子。

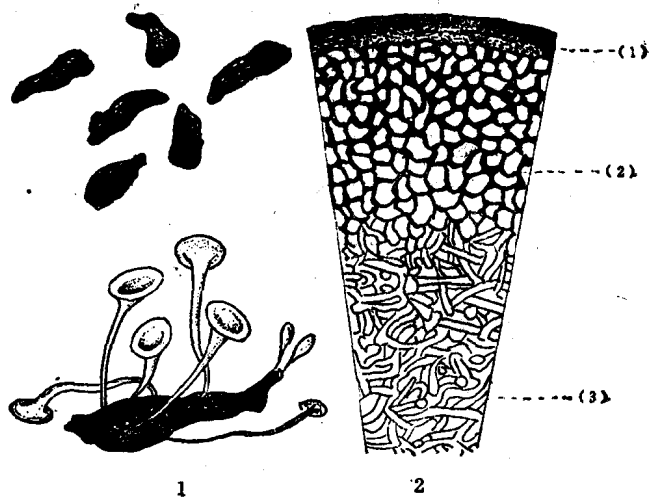


图5 菌核及其结构

1.菌核及其萌发（产生子囊盘） 2.菌核剖面
(1) 皮层 (2) 拟薄壁组织 (3) 疏丝组织

2.菌索：菌索又称根状菌索或菌丝束，它是由许多菌丝体纠结而成，呈绳索状。菌索的内层是菌组织的疏丝组织，外层是拟薄壁

组织，顶端为生长点（图6）。菌索具有抵抗不良环境的作用。

3. 子座：子座是一种坚硬的垫状组织。它是由菌丝组织或菌丝组织和一部分寄主组织结合而成，紧密地依附在基物上，可以渡过不良的环境，也可以在子座上形成各种产生孢子的子实体。

真菌的繁殖体 真菌在发育过程中，经过营养阶段后，即进入繁殖阶段。绝大部分的真菌是通过孢子进行繁殖的，所以真菌繁殖往往是由产生孢子的器官来完成。真菌的繁殖方式分无性繁殖和有性繁殖两种。无性繁殖产生无性孢子；有性繁殖产生有性孢子。

真菌孢子的功能相当于高等植物的“种子”。它是真菌繁殖器官的基本单位。无性孢子是没有经过性的结合，直接从营养体菌丝上产生的，它相当于高等植物的无性繁殖器官，如块茎、鳞茎、球茎等。有性孢子是经过不同性的细胞核结合后产生的，它相当于高等植物经过受精后形成的种子。无论是无性繁殖或有性繁殖，它们的繁殖体都是从营养体上产生的。在高等真菌中，各类孢子都可以产生在一个产生孢子的组织体上，这个组织体是由菌丝体分化而成的，这些菌丝体已经失去本来的功能，变成产生孢子的一种特殊器官称为子实体。

1. 无性孢子：真菌的无性孢子是没有经过有性结合的过程，直接从营养体菌丝上产生。无性孢子在一个生长季节中，如果环境适宜，它可以重复产生多次，能在较短的时间内，使真菌迅速繁殖蔓延和扩散。所以，真菌的无性孢子是寄主植物生长期间的主要侵染来源。但是，无性孢子的抗逆能力很弱，除少数外，大部分在不适宜的环境下，短时间内即易失去其生活力。真菌的无性孢子主要有游动孢子、孢囊孢子和分生孢子三种（图7）。

（1）游动孢子：游动孢子是一种产生在孢子囊中的内生孢子。孢子囊产生在菌丝上，或生于有特殊形状和分枝的孢囊梗上，球形、椭圆形、卵形或不规则形，单胞。孢子囊成熟后，孢子囊中的原生质分割成许多小块，没有细胞壁，有一根或两根鞭毛，可以在水中游动。游动孢子遇到适宜的寄主或游动片刻后，鞭毛收缩，生出细胞壁，形成休止孢子，休止短暂

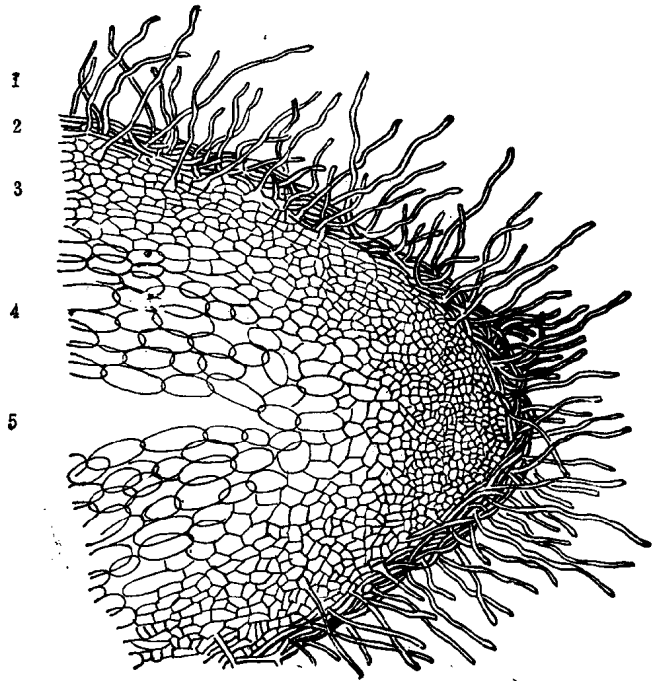


图6 根状菌索的结构

1. 疏松的菌丝 2. 胶质的疏松菌丝层 3. 拟薄壁组织 4. 疏丝组织 5. 中腔

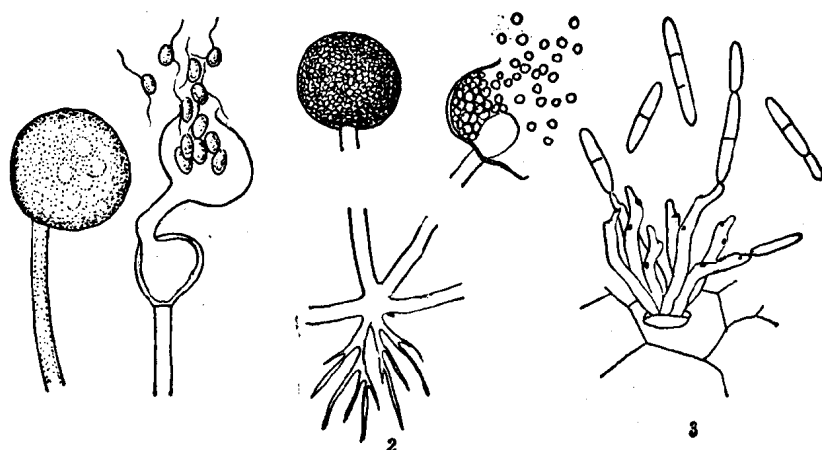


图7 真菌的无性孢子

1. 孢子囊及游动孢子 2. 孢子囊及孢囊孢子 3. 分生孢子

时刻，就开始萌发产出芽管侵入寄主。产生游动孢子的孢子囊又称为游动孢子囊。

(2) 孢囊孢子：孢囊孢子也是一种产生在孢子囊中的内生孢子。它和游动孢子不同的是，它具有细胞壁和没有鞭毛，成熟后孢子囊壁破裂，散出孢囊孢子。

(3) 分生孢子：分生孢子是一种不同于游动孢子和孢囊孢子的外生孢子。分生孢子是由菌丝顶端的细胞，或由特殊分化的菌丝——分生孢子梗产生，一枝分生孢子梗可以连续地分割和产生出多个分生孢子。分生孢子的种类很多，形态变化也很大，高等的类型还集合形成各种类型的子实体。

除上述三种无性孢子外，有些真菌还有其它的无性孢子。如菌丝中个别细胞或分生孢子中个别细胞，逐渐膨大，孢壁变厚，内含物浓缩，含多量油脂，变成与本来完全不同的圆形厚壁孢子称为厚垣孢子，但这种孢子与一般无性孢子的作用完全不同。厚垣孢子的抗逆能力强，菌体死亡后仍能保持相当长时间的生活力，具有适应不良环境和越冬的功能（图8）。

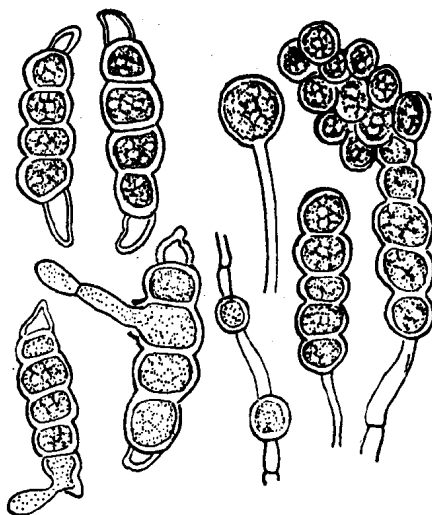


图8 真菌的厚垣孢子

2. 有性孢子：有性孢子是由两个可交配性细胞核结合后产生的孢子。真菌的性器官称配子囊，性细胞则称配子。两种不同性别的配子囊或配子，如果它们的形状、大小是相同的，称为同形配子囊或同形配子；形状、大小不相同的，称为异形配子囊或异形配子。单个

真菌的菌体能够自行交配而完成其有性繁殖，并不需要与其它菌体交配的称为同宗配合；如果单个菌体不能自行完成其有性繁殖，必须和另一个有亲和力的菌体交配以后，才能完成其有性繁殖的称为异宗配合。

真菌有性孢子形成的过程，一般可分为质配、核配和减数分裂三个阶段。质配是两个性细胞原生质的交配，使两个细胞的细胞核集中在一个细胞内。质配以后，细胞中成对的细胞核称为双核。在形成双核后，每个细胞核的染色体数目都是 N ，因细胞核还没有结合，故这个阶段属于单倍体阶段。核配以后两个细胞核结合为一个细胞核，成为双倍体，染色体的数目是 $2N$ 。从质配到核配之间相隔的时间距离长短，各类真菌要求不一致。核配以后，双倍体细胞核连续分裂两次，其中一次是减数分裂，最后形成四个单倍体的细胞核，每个细胞核形成一个单倍体的孢子。因此，真菌的有性孢子是指细胞核进行结合的细胞，或细胞核进行减数分裂后，最初形成的细胞核发育而成的孢子。经过有性繁殖，真菌可分别形成五种有性孢子。即：接合子、卵孢子、接合孢子、子囊孢子和担子孢子。

(1) 接合子（又称合子）：接合子是由两个同型配子经过质配和核配后产生的一种有性孢子。

(2) 卵孢子：卵孢子是由两个大小和形状都不相同的异型配子囊结合而成。大型配子囊球形，内含一至数个卵球，称为藏卵器；小型配子囊棍棒状，称为雄器。雄器与藏卵器接触时，产生受精管伸入藏卵器内，随后雄器中的原生质和细胞核通过受精管进入藏卵器中，经过质配和核配阶段，最后卵球发育形成具有厚壁的卵孢子。卵孢子是一种休眠孢子。

(3) 接合孢子：接合孢子是由两个同型配子囊经过接合作用，完成性结合过程所形成的厚壁的休眠孢子。接合孢子是异宗结合的，当两个生理上不同而有亲和力的菌丝相接触或相遇时，在菌丝上分别形成相似的原配子囊作为交配枝，细胞核和原生质流入两个原配子囊的接触点。原配子囊产生一个分隔，前端的细胞称配子囊，接触处的囊壁消解，便融合成一个细胞，经过质配和核配过程，形成接合孢子。

(4) 子囊孢子：子囊孢子是子囊菌的有性孢子。异型配子囊质配后，细胞核在产囊丝上的锥形子囊中合并，随即进行减数分裂成为四个单倍体细胞核，多数子囊中的这些细胞核又分裂一次成为八个细胞核，以游离细胞生成方式，进一步形成八个子囊孢子，排列在子囊内。子

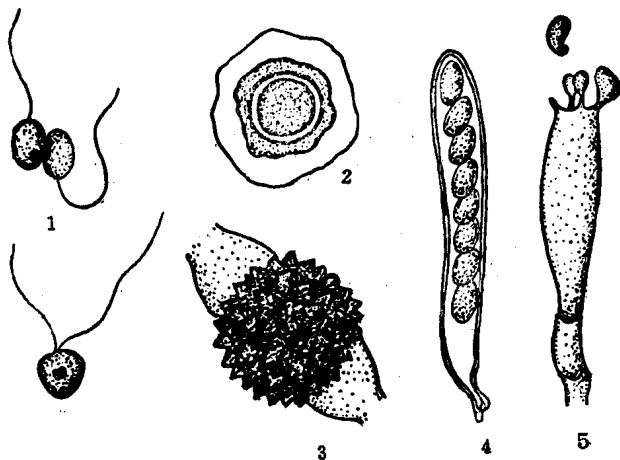


图9 真菌的有性孢子

1. 接合子 2. 卵孢子 3. 接合孢子 4. 子囊孢子 5. 担子孢子

囊圆形、长圆形或棍棒形，壁薄而透明。每个子囊内的子囊孢子有一定数目，一般为八个，也有两个或四个的。子囊孢子单细胞或多细胞，大小及形状等因真菌种类不同有时差异很大（图9）。

（5）担孢子：担孢子是担子菌的有性孢子。担子菌的菌丝体是经过质配后的双核菌丝，在菌丝顶端细胞中发育成棍棒状的担子，经过核配和减数分裂生成四个单倍体的细胞核，并在担子上生成四个小梗，每个小梗上形成一个担孢子（图9—5）。

真菌的有性孢子大多数一年产生一次，而且多发生在寄主生长后期，它具有较强的生活力和对不良环境的较大耐力。所以有性孢子常是越冬的器官和第二年的病原菌初次侵染源。

三、真菌的生活史

真菌的生活史是指真菌从一种孢子开始，经过一定的生长和发育阶段，最后又产生同一种孢子为止的经历过程。它相当于高等植物从种子萌芽开始，直到开花结实和种子成熟的整个过程。真菌生活史一般包括无性阶段和有性阶段。典型的生活史是：真菌的菌丝体生长一段时间之后，产生无性孢子，无性孢子在适宜的环境条件下萌发，产生芽管或游动孢子。游动孢子经过休止孢子阶段再产出芽管。芽管继续发育又形成菌丝体。在无性阶段中，如果环境适宜，可以连续进行，其次数多少决定于当时的环境条件和寄主的生育状况，这是病原真菌侵染寄主的主要阶段，故无性阶段重复次数越多，田间的无性孢子数量也越多，侵染寄主的可能性也越大。有性阶段多发生在寄主生长后期，从菌丝体上产生配子囊或配子，经过质配成为双核阶段，再经过核配成为双倍体阶段，最后经过减数分裂而成为单倍体阶段。有性阶段产生的有性孢子往往壁厚或具有保护组织，萌发后产生芽管进而发育成为菌丝体，回到产生无性孢子的无性阶段（图10）。

真菌的种类较多，不可能用一个统一的图式来说明全部真菌的生活史。有些真菌的有性阶段，从质配到减数分裂的过程变化很大。例如卵孢子和接合孢子是在减数分裂之前形成的，它们的细胞核是双倍的，到萌发时才进行减数分裂而恢复为单倍体。子囊孢子和担孢子是在减数分裂后形成的。此外，还有一部分真菌，有性阶段还没有发生，只有无性阶段，属于这一类真菌的生活史，实际上是指它的无性阶段。

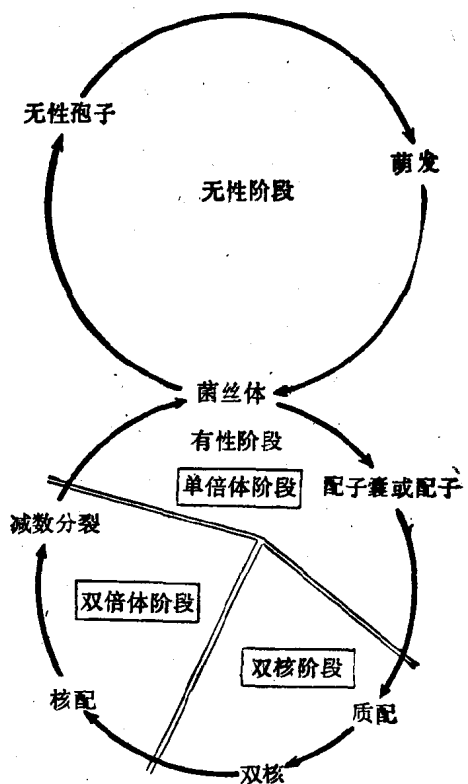


图10 真菌典型生活史图解

大部分真菌只产生一种无性孢子和一种有性孢子，也有少数真菌在其生活史中产生多种类型的孢子，这种现象称为多型性。真菌的多型性以锈菌最显著，典型的锈菌可产生冬孢子、小孢子、性孢子、锈孢子和夏孢子等五个类型的孢子。如果各种类型孢子都在同一寄主上完成其生活史的，称为单主寄生，需要在两个亲缘关系较远的寄主上完成其生活史的，称为转主寄生。大多数蔬菜作物上的病原菌都属于单主寄生的。

认识每一种病原菌的生活史，可作为制定病害防治时的依据。例如白菜霜霉病的防治，收获后把残留在地面上的病叶集中烧毁或深埋，可以消灭越冬的卵孢子，减少第二年的初次侵染来源，在生长期喷药，防止病原菌再次侵染，都是根据病原菌的生活史来制定的。

四、真菌的生理和生态

真菌的营养与吸收 真菌是异养生物，必须从外界吸收现成的有机碳化合物作为能源。此外，还有些真菌需要氮和多种无机矿物质元素，如钾、磷、硫、镁和微量元素锌、锰、硼、铁、铜等。氮和无机矿物质元素大都是在有机状态下被真菌吸收的。有些真菌如镰刀菌能够从一些比较简单的培养基（如硝酸氨、碳酸钾、硫酸镁、氯化铁、葡萄糖和一些锌、锰、硼等微量元素配合而成的）中生长繁殖，这表明它可以从这些物质中，通过同化作用合成为菌体所需的物质。

但是，真菌的种类不同，它们对营养的要求也不同。专性寄生菌只能从活的寄主细胞内吸取养分，有些真菌还要适量的生长物质或维生素，否则不能生长或生长不良。真菌最常缺乏的生长物质是维生素B₁和其它类型的生长素，如环己六醇及叶酸等。

真菌没有特殊的器官摄取营养物质，主要是通过菌丝进行。由于菌丝具有细胞壁，固体养料不能直接通过细胞壁进入菌丝体内，故一切营养物质必须在溶液的状态下，借助菌丝细胞内的渗透压比寄主（或基质）的渗透压力大，和菌丝细胞本身所具有的透性和弹性的作用，把需要的养分和水分从菌丝体外进入体内。例如寄生在芹菜上的菌核病菌（*Sclerotinia sclerotiorum*），菌丝的平均渗透压（大气压力）为23.5，而芹菜叶柄被害部的渗透压是13.4。

真菌的分泌 真菌能分泌出很多物质，其中以酶和毒素对寄主的作用最重要。酶可分两类：一类是外酶，另一类是内酶。外酶是从真菌菌丝细胞分泌到体外的酶，都是水解酶。它的作用是把不溶解的有机物质变为可以溶解的，或把大分子的有机物质分解为小分子的物质，有利于真菌菌丝的吸收。内酶是在菌丝细胞内的酶，它与外酶的功能完全不同，内酶主要是氧化酶，它在真菌进行呼吸作用过程中起触媒的重要作用。

一种真菌可以分泌多种水解酶，这些水解酶能消解有机物质，主要是碳水化合物、脂肪和蛋白质等。其消解的最后产物，随真菌分泌酶的种类不同而异，如淀粉酶与蔗糖酶，能把多糖和双糖的有机碳化合物分解为单糖类的葡萄糖等。脂肪酶能把脂肪分解为甘油和脂肪酸。蛋白酶能使蛋白质分解为较易溶解的胨和氨基酸。

真菌在其新陈代谢过程中，也能分泌出一些物质到体外，这些分泌物能直接影响周围的微生物活动或使寄主细胞中毒死亡。如土壤中的木霉菌（*Trichoderma harzianum*）能抑